第十一章 禽畜糞堆肥之製造

林財旺

行政院農業委員會畜產試驗所

摘要

禽畜糞含有多量的有機質約 68 ～ 90 % 及氮、磷等污染物。豬每頭每天排糞量為 1.9 kg，含氮 19 g，磷 13.3 g；牛每頭每天排糞量為 30 kg，含氮 129 g，磷 51 g；雞每隻每天排糞量有 0.14 kg，含氮 1.9 g，磷 0.78 g。由此資料顯示禽畜糞確有高濃度的污染源，但其所含物質卻是植物所需的養分，而禽畜糞製作堆肥是同時解決上述二項問題的最佳方法。

國內從事養豬、牛、羊、雞等畜牧經營業者，一年約產生 1,437 萬噸禽畜糞，為了防止或改善環境污染，將禽畜糞便製作堆肥；另糧食作物、果樹、蔬菜、花卉等農業經營業者，約有 87 萬公頃之耕地，也正為了改良土壤、增加生產力及提高產品品質，需用良質堆肥；因此優良堆肥產品，對畜牧和農業經營者都具有相當的重要性，其製作技術必須充分了解，在此本人願就堆肥製作之技術，包括製作材料、流程、條件控制、處理方式、肥料成分、腐熟度之判定、堆肥場脫臭方法及營運狀況等等，提出報告供農友參考。

一、台灣主要禽畜糞產量

1996 年台灣主要畜禽糞年產量，乳牛 1,367,000 噸，肉牛 145,400 噸，乳羊 34,800 噸，鹿 12,200 噸，豬 7,488,800 噸，蛋雞 1,635,800 噸，肉雞 3,687,700 噸，總共有 14,372,000 噸，如表一，而其中牛、羊、鹿等草食動物之排糞量有 1,560,000 噸佔 10.9 %，豬有 7,488,800 噸佔 52.1 %，雞有 5,323,500 噸佔 37.0 %。

堆肥製作，前處理需調整碳氮比、含水率，故需混合稻穀、木屑、廢棄菇類的木屑及蔗渣等；禽畜糞混合這些農產廢棄物一年約 2,009,000 噸合計 16,381,000 噸，製成堆肥其製成率以 35 % 計算年產堆肥 5,733,000 噸，全省現有耕地 87 萬公頃，每公頃將可利用堆肥 6.6 噸，成為國土、農地寶貴資源，希能善加生產及利用。

二、優良禽畜糞堆肥條件及規格

新鮮（生的）禽畜糞為優良有機質肥料之資材，但其有污染環境，產生臭味、蚊蠅、傳染病原菌、寄生蟲、雜草種子及骯髒不衛生等缺失外，對農作物生長發育產生危害，如將其製成堆肥後施用於農地可改善上述諸多缺失，達成改良土壤、增進地力並提供植物所需之養分。而優良品質禽畜糞堆肥之產品是農民需求的，其成品需達到良質堆肥之條件如表二外，肥料成分、有害成分及其他規定均需符合政府所規定之有機質肥料之規格如表三。

表一、台灣主要禽畜糞產量 (1996)

畜別	頭數	每頭每天排糞量(公斤)	每頭一年排糞量(噸)	一年總排糞量(噸)	百分比(%)
草食動物					10.9
乳牛	125,471	30	10.9	1,367,600	
肉牛	26,430	15	5.5	145,400	
乳羊	119,046	0.8	0.292	34,800	
鹿	22,637	1.5	0.54	12,200	
豬	10,698,366	1.9	0.7	7,488,800	52.1
雞					37.0
蛋雞	32,074,000	0.14	0.051	1,635,800	
肉雞	78,461,000	0.13	0.047	3,687,700	
合計				14,372,000	100

表二、良質與劣質堆肥條件

良質堆肥	劣質堆肥
1. 方便於運搬施用	
(1) 乾濕適當（約 35%）	(1) 含水率過高或過低
(2) 無臭味及無污穢感	(2) 有臭味及骯髒感
(3) 符合良好衛生條件	(3) 不衛生
2. 對植物、土壤具安全性	
(1) 有機質已穩定	(1) 有機質分解尚未穩定
(2) 碳氮比例低於 20 以下，不會產生氮固定化作用	(2) 碳氮比例高於 20 以上
(3) 無含毒性物質及有害成分	(3) 尚含毒性物質及有害成分
3. 對植物生長及土壤有改良效果	
(1) 肥料成分含量高	(1) 肥料成分含量低
(2) 有改良土壤理化性狀及生物相之效果	(2) 無改良效果

表三、有機質肥料之規格

品名	保證成分（低限%）				有害成分(高限%)		其它規定事項
	機質質	全氮	全磷酐	全氧化鉀	銅	鋅	
一般堆肥	60	0.6	0.3	0.3	0.01	0.08	1. 有機質材料發酵腐熟未加入化學肥料。 2. 水分 35 % 以下，蔗渣製成者 40 % 以下。 3. 若加化學肥料，則以雜項有機質肥料登記。
蛋雞糞堆肥	40	2.0	2.0	1.0	0.01	0.08	1. 蛋雞糞發酵，未加入化學肥料。 2. 水分 35 % 以下。
雜項有機質肥料	40	0.3	0.3	0.2	0.01	0.08	1.氮、酐磷及氧化鉀含量屬複合肥料範圍 (15 %) 肥料者不得在本品目登記。 2. 不列入政府補助推廣

肥料品目及規格表(行政院 86 年 2 月 3 日公告修正)
(有機質肥料類摘錄)

三、堆肥製作

（一）原料

有機廢棄物如動物排泄物及農產副產物均可供為堆肥製作原料，但近年來從經濟成本、節省勞力、工時等因素考量，由飼料或下腳料供為原料也不少，一般較常用的材料如下：

- 禽畜糞：豬糞、牛糞、雞糞、羊糞、免糞、鴨糞等均含有豐富 的有機質及氮、磷、鉀等肥料成分，為製造堆肥良好的原料。
- 污泥：畜產業廢水處理場所產生的污泥，含有很多的有機質、氮、磷、鉀等，但其含水率高達 90 % ，且含膠羽菌體，脫水性差，須先行

脫水處理，降低含水率，再混合農產廢棄物如稻殼、木屑，蔗渣等製作堆肥。

- 農產副產物：常用的有稻殼、木屑、菇類木屑、花生殼、甘蔗渣等除可調整適當的水分外並可增加表面積孔隙率改善通氣性，促進好氣微生物的作用，其成分中含碳量很多，碳氮比高約為 57－298 ，不宜直接施作肥料。上列原料經分析成分如表四。

表四、幾種堆肥原料成分（水分與pH外均以乾基計算）

種類	PH	水分	有機質	有機碳	總氮	磷	鉀	碳氮比
牛糞	9.0	69.6	68.0	30.6	2.1	2.1	2.9	15
豬糞	8.1	68.8	78.4	35.3	2.5	5.1	1.6	14
雞糞	7.2	68.7	68.4	30.8	4.1	7.9	3.5	8
羊糞	8.0	68.5	80.6	36.3	2.3	2.3	2.4	16
兔糞	7.2	73.3	89.8	40.4	3.0	2.5	1.4	14
豬廢水場污泥	8.1	89.3	49.5	22.3	3.1	9.2	0.5	7
稻殼	6.3	12.1	86.7	39.0	0.5	0.2	0.43	70
木屑	6.6	15.9	99.3	44.7	0.15	0.02	0.26	298
菇類木屑	7.5	46.6	71.0	40.0	0.7	0.13	0.6	57
甘蔗渣		42.0	91.0	41.0	0.39	0.09	0.25	105

（二）製作流程

一般堆肥製造流程，包括發酵前處理，發酵處理、二次發酵(後熟發酵)及篩選、裝袋等階段，說明如下：

1. 發酵前處理

(1) 調整含水率

水分是微生物增殖必要的條件，如果水分含量低於 30 % 以下，微生物的增殖即被抑制。相反的如果水分含量高於 70 % 以上，空隙率低空氣不足，嚴重時反成為厭氣醱酵狀況，堆肥醱酵停止。堆肥醱酵最適當的含水率是 60 ～ 6 5 % ，水分調整的方法常用的有四種：

A. 添加稻殼、木屑、甘蔗渣等農產副產物。

B. 機械脫水。

C. 塑膠乾燥房乾燥。

D. 添加已醱酵堆肥。

(2) 調整碳氮比例

堆肥醱酵時有機物由微生物分解，而微生物增殖活動的能源是營養分中的碳 (C) 供給，而細胞的形成由氮 (N) 供給，而兩者間最適當的碳氮比例是 20：1 。家畜種類的不同糞中所含的碳氮比不一，牛糞為 15 ～ 23 ，豬糞為 10 ～ 14 ，雞糞為 8 ～ 10 ，而土壤的碳氮比為 10 ～ 15 ，所以堆肥化處理時牛糞可不必另外調整其碳氮比，而豬、雞糞應適當調整，而調整材料以高碳氮比含量之稻殼 70：1 ，菇類廢棄木屑 57：1 及木屑 298：1 等較常用。

(3) 調整 pH

分解堆肥的微生物喜好微鹼性，即 pH 7.0 ～ 8.0 ，一般禽畜糞製作堆肥不必調整 pH ，但貯存時間久而 pH 降低時可用石灰調整。

(4) 混合均勻

利用混合攪拌機或鏟裝機將各種原料混合均勻，期能達到各個區域之發酵一致。

2. 發酵處理

(1) 優良發酵條件控制

堆肥發酵必需控制的條件有養分、微生物、氧氣、水分、溫度及時間等六項，其堆肥發酵條件及過程如圖一、，由於有機質分解穩定化，原料 1,000 公斤約僅可生產堆肥 404 kg 。說明如下：

A. 養分：禽畜糞含有豐富的蛋白質、醣類、纖微素、木質素、礦物質等養分，是堆肥化過程微生物生長、繁殖所需的物質。其中須控制碳氮比例，兩者較適當的比例為 20：1 。

B. 微生物：堆肥發酵有關微生物在禽畜糞有很多，主要包括細菌、絲狀菌及放線菌三大類，一般開始時由中溫性細菌、絲狀菌先分解醣類、蛋白質後產生高溫，其次再由好熱性細菌、絲狀菌、放線菌等高密度生育、分解，之後再經中溫性微生物繼續

分解階段而腐熟。通常製作堆肥時混合少部分發酵堆肥，除可提供微生物外並同時調整含水率。堆肥發酵微生物、溫度及分解物質之關係如圖二、。

C. 空氣：堆肥化過程，有機物分解係屬於好氣性微生物，因此需有充足的氧氣供給，可藉機械翻堆及送風供給之。送風空氣量每分鐘每噸 200 公升，但發酵槽型式、材料及含水率不同其通氣量有差別，如表五。

表五、禽畜糞堆肥發酵通氣推薦量

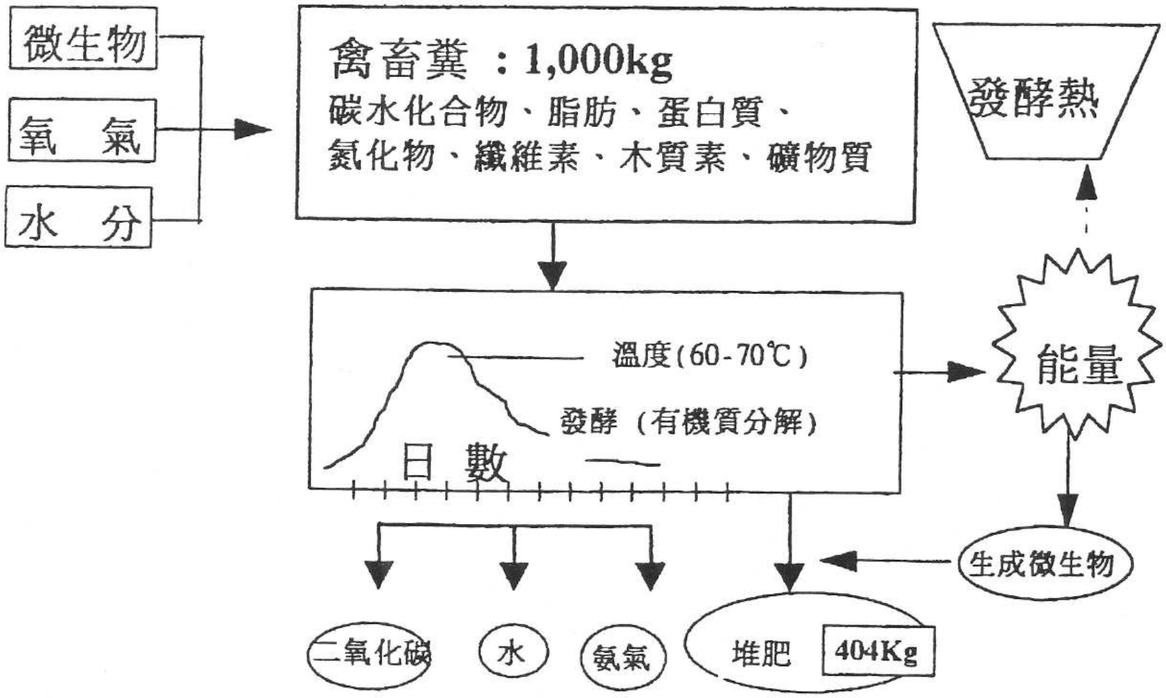
發酵槽型式	含水率%	通氣量 m^3/min	報告者及年份	
一般設計	60-70	0.05-0.3	代永道裕	1995
一般設計	65	0.2(m^3/min.ton)	瑞穗 當	1985
箱型	68	0.1	中央畜產會	1987
開放型	68	0.1	中央畜產會	1987
密閉直圓筒式	60	0.15	鈴木輝雄	1987
圓杓子式	60-65	0.08	上野克美	1995
箱型	52	0.2(m^3/min.ton)	林財旺	1995

D. 水分：微生物體含水率約有 80 % ，因此水分是微生物生存所需，堆肥發酵最適當的含水率，一般控制於 65 % 。

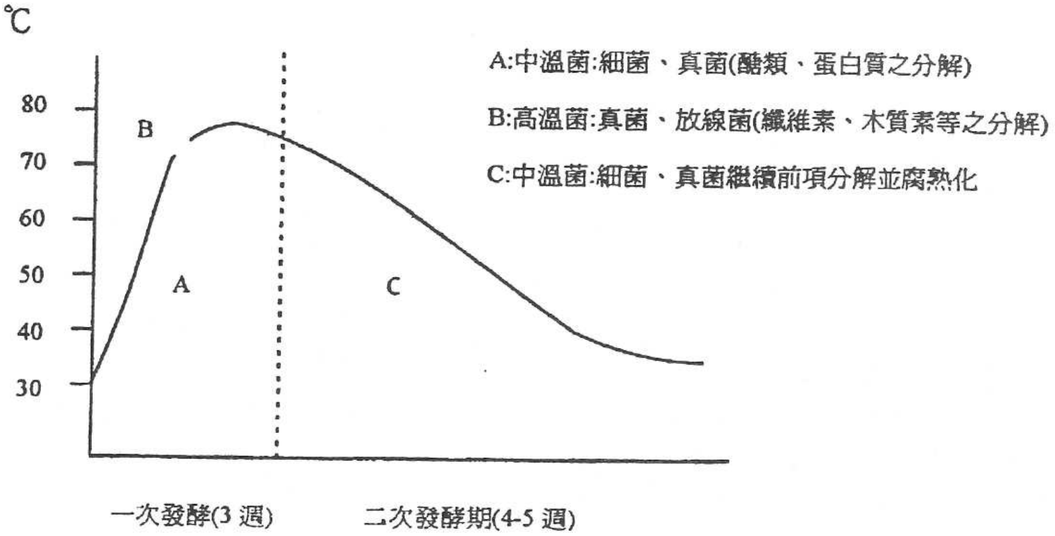
E. 溫度：堆肥發酵，若發酵條件適當，約經

一週可達 60－70 ℃ 以上，如果 2－3 週仍不產生熱，必須重行調整各項條件。

F. 發酵期：有機質分解時間，豬糞與牛糞需 3－4 週，雞糞需 2 週，其有機質殘存率可呈穩定，而達到完全腐熟期約需 2－3 個月。



圖一、禽畜糞堆肥發酵條件及過程示意圖



圖二、堆肥發酵微生物、溫度及其分解物質之關係

(2) 堆肥處理方式

臺灣禽畜糞堆肥化主要處理方式，可分堆積式及機械攪拌式二大類，其又可細分袋裝堆肥式、箱型送風式、靜置堆肥舍式、送風堆肥舍式、迴轉攪拌式，鋼板杓子翻堆式，橫的圓筒式，直立圓筒式等多種如圖三，業者可依禽畜糞別、處理量、投資額等條件參考採用。一般以堆積方式設備投資較少，但處理期間較長，而機械攪拌方式設備投資及維持費較多，處理

期短。各處理方式應用情形如下：

A. 堆積式

● 袋裝堆肥

豬糞混合 14.5 % 稻穀，裝入有孔隙纖維質袋，堆積發酵，發酵溫度第 5 天達 60 ℃ ，第 15 天最高溫為 63 ℃ ， 40 天發酵結束，含水率由 65 % 降至 34.8 % ，堆肥成品乾燥、無臭、搬運方便。

● 箱型送風式處理

養豬廢水，經固液分離機分離固形物，進行送風式堆肥化處理，材料含水率 65 % ，送風量每噸每分鐘 200 l ，靜壓 320 mm/Hg，送風時間設定送 4 分鐘，停 16 分鐘，全天操作。豬糞堆肥試驗分二組， A 組為混合種子堆肥， B 組為對照。其堆肥醱酵溫度變化，二組醱酵溫度在第 5 天上升至 77 ℃ 及 70 ℃ ，醱酵期間混合種子堆肥之試驗組為 28 天，但對照組為 35 天 ，試驗組縮短七天完成。

● 堆積堆肥舍處理

豬糞稻殼墊料在堆積堆肥舍發酵配合鏟土機翻堆，供給微生物所需之氧氣，由醱酵溫度變化判定，發酵時間約

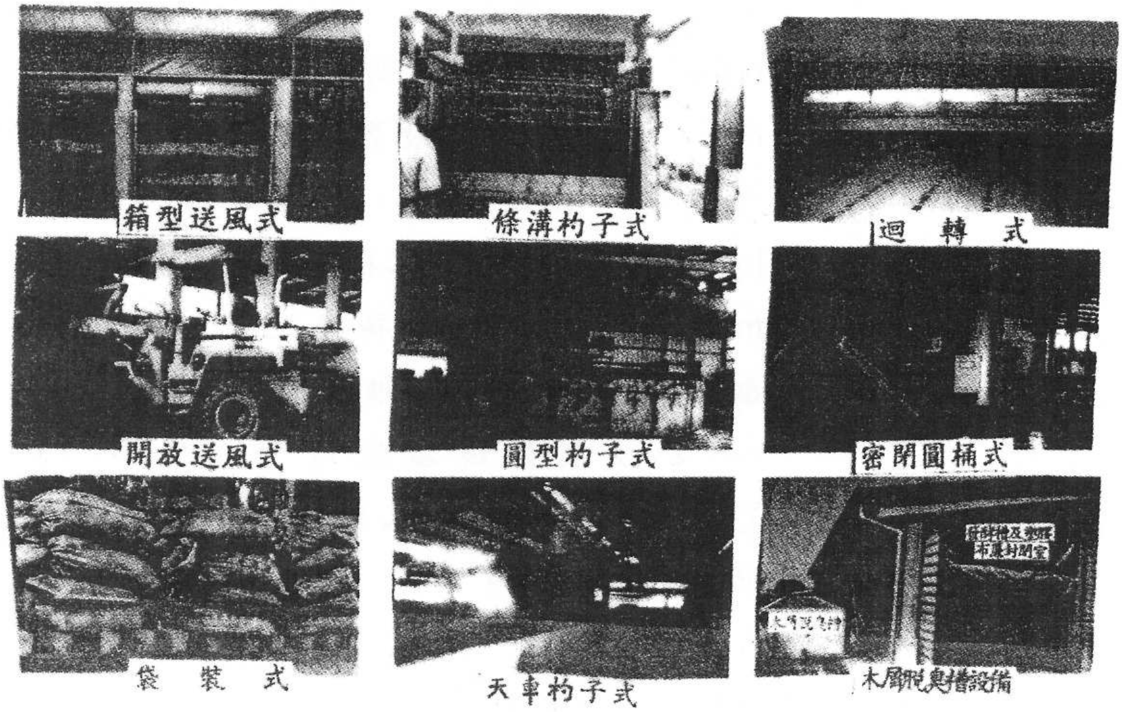
需 70 天，而送風式僅需 35 天，堆積式醱酵時間較長。

- 送風堆肥舍式處理

在堆肥舍內建造醱酵槽，每槽寬 6.0m 、長 6.0m 及高 1.5m ，容積 54 m^3 ，在醱酵槽內設置送風系統，每二台共用一台鼓風機，其規格為馬達 3 hp ，靜壓 320mm 水柱，最大送風量 26 m^3/分鐘，牛糞處理採送風併用鏟裝機翻堆，每 5－7 天翻堆一次，共需翻堆 7 ～ 8 次其醱酵溫度為 65 ℃ - 70 ℃ ，醱酵 60 天，又經二次醱酵 28 天共 98 天完成。

B. 機械攪拌式

- 迴轉攪拌式處理
  A 條板式迴轉攪拌處理
  B 刀爪式迴轉攪拌處理
- 杓子式攪拌處理
  A 套裝杓子式翻堆處理
  B 天車杓子式翻堆處理
  C 圓型杓子翻堆式處理
- 直立圓筒式處理
- 橫的圓筒式處理



圖三、堆肥處理方式

3. 二次發酵

堆肥發酵過程，考慮其有機質分解穩定及有害物質消除等二項因素，在發酵槽內發酵後，仍需搬出堆肥舍進行二次發酵，除可將難分解物質繼續分解且可將上下各層不同材料分解程度更完全、均勻，安全施用於農作物；二次發酵時間約30天。

（三）各式堆肥處理場營運狀況

堆肥處理場以養雞、養豬、養牛等三種不同畜禽糞之處理，其機械設備、處理流程、產量、投資額及製造成本等調查資料如下：

1. 雞糞堆肥場

調查已營運之雞糞堆肥處理場 7 場，其處理方式有圓形杓子式 3 場、迴轉攪拌式 2 場、直立圓桶式 1 場及堆積送風式 1 場等四種如圖三，其處理流程、產量及製造成本，所得結果，依處理方式報告如下：

● 圓形杓子式

A 場：蛋雞糞堆肥場，蛋雞糞搬運到堆肥場，將濕雞糞用鏟裝機混合，調整含水率 50 % - 60 %，搬入直徑 6.5 m、深 2.0 m 之圓型發酵槽，每天翻堆一次，發酵 14 天後，再送進二次發酵槽 50 天，合計 64 天結束，裝袋、出售。設在彰化縣耀祥畜牧場，可處理 30,000 隻雞糞，一個月處理二批，每批 40 噸，堆肥年產量 480 噸，其處理流程如下：

雞糞 → 調整含水率（混合乾雞糞）→ 圓形杓子式發酵（14 天）→ 二次發酵（50 天）→ 裝袋 → 出售

B 場：為肉雞糞堆肥場，雞糞加水調整含水率 50

%～60%，搬入圓型杓子式發酵槽進行發酵16天，再移入送風式發酵30天，合計46天，裝袋出售。設在嘉義縣隆盛農牧場，飼養土雞100,000隻，肉雞50,000隻雞，土種雞20,000隻合計170,000隻雞糞，每批進料35噸，堆肥年產量396噸，其處理流程如下：

雞糞 → 調整含水率（加水）→ 圓形杓子式發酵（16天）→ 送風式發酵（30天）→ 裝袋 → 出售

C場：為蛋雞糞及肉雞糞堆肥場，有蛋雞糞及肉雞糞二種，搬運到堆肥場後，調整含水率至60%，一般由於肉雞稻殼墊料含水率較低，約40%以下，一批蛋雞糞45噸，混合肉雞糞18噸，約5比2之比例可調到60%之含水率，材料搬入直徑9 m、深2 m之圓型杓子式發酵槽，每天翻堆一次，發酵15天後，再送進二次發酵槽30天，裝袋、出售。設在台南縣葆南牧場，飼養蛋雞38,000隻，肉雞50,000隻合計88,000隻，採批式處理，每批處理63噸，每15天處理一批，堆肥年產量720噸，其處理流程如下

雞糞 → 調整含水率（混合肉雞稻穀墊料）→ 圓形杓子式發酵（15 天）→ 二次發酵（30 天）→ 裝袋 → 出售

● 迴轉攪拌式

A 場：為條板迴轉式翻堆機製造蛋雞糞堆肥，蛋雞糞搬到堆肥場，將濕的雞糞與乾雞糞用鏟裝機混合，調整含水率為 50%～60%，搬入寬 6 m，長 75 m，深 1 m 之迴轉攪拌式之條溝發酵槽，發酵 35 天結束，裝袋、出售。設在台南縣欣達農牧場飼養蛋雞 120,000 隻，每天處理雞糞 11 噸，堆肥年產量 1,080 噸，其處理流程如下：

雞糞 → 調整含水率（混合乾雞糞）→ 迴轉式翻堆機（35 天）→ 裝袋 → 出售

B 場：為刀爪迴轉式翻堆機製造蛋雞糞堆肥場，蛋雞糞由開放式籠飼雞舍及密閉環控雞舍搬運到堆肥場，水分調整方法是用已發酵糞和新鮮雞糞混合，以鏟裝機搬入刀爪式迴轉攪拌翻堆之發酵槽，寬 4 m、長 72 m，發酵 60 天結束，裝袋、

出售。設在屏東縣劉氏雞糞堆肥場，飼養蛋雞 135,000 隻，每日處理 10 噸，堆肥年產量 1,080 噸，其處理流程如下：

雞糞→ 水分調整 (混合已發酵堆肥) → 迴轉式翻堆機 (60 天) → 裝袋→出售

● 直立圓桶式併用杓子式

製造蛋雞糞堆肥，濕的雞糞與乾雞糞用鏟裝機混合，調整含水率為 50 % ，以昇斗機進料到容積 16 m^3 圓筒發酵槽，第一階段發酵 3 天，再以皮帶輸送到寬 1.5 m 、高 1.5 m 、長 23 m 之杓子式翻堆發酵槽，發酵 22 天，合計 25 天結束，裝袋、出售。設在屏東縣金雞養雞場，飼養蛋雞 60,000 隻，每日處理 4 噸，其處理流程如下：

雞糞→ 調整含水率 (混合乾雞糞) → 直立式圓筒發酵 (3 天) → 杓子式翻堆發酵 (22 天) → 裝袋出售

● 堆積送風式

送風式發酵製造肉雞糞堆肥，肉雞出售後，雞糞集運到堆肥舍，加水調整水分約 50 ～ 60 % ，進行發酵 14 天，再移入送風式發酵 60 天，裝袋、出售。設在新竹縣合群農牧場，整批式飼養肉雞 140,000 隻，每年養 6 批，每批飼養 7 週結束後清除雞糞稻殼墊料 160 噸，年雞糞墊料 960 噸，堆肥年產量 480 噸，其處理流程如下：

雞糞稻穀墊料 → 調整含水率（加水）→ 送風式發酵（60 天）→ 裝袋出售

以上 7 場雞糞堆肥處理方式，其發酵期間為 25 ～ 74 天，年堆肥產量 396 ～ 1,080 噸如表六。每公斤堆肥製造成本 3.0 ～ 6.5 元差異很大如表七、。

表六、雞糞堆肥處理場之處理機械、發酵期及產能

處理機械型式	雞糞別	發酵期間(天)	處理雞糞量(噸/批)	年堆肥產量(噸)
型杓子式				
A場	蛋雞	64	40	480
B場	肉雞	46	35	396
C場	蛋、肉雞	45	63	720
迴轉攪拌式				
A場	蛋雞	35	11	1080
B場	蛋雞	60	10	1080
直立圓筒杓子式	蛋雞	25	4	636
堆積送風式	肉雞	74	160	480

表七、各式雞糞堆肥處理場堆肥年製造成本分析(千元)

	圓型杓子式			迴轉式		密閉圓筒式	送風式
	A場	B場	C場	A場	B場		
投資金額成本	6,370	6,258	7,120	7,040	5,800	6,240	9,480
分攤固定成本	1,081	1,180	1,379	1,331	1,236	1,315	1,778
營運管理成本	1,650	1,214	2,388	2,860	2,007	1,956	1,354
總成本	2,731	2,394	3,766	4,191	3,243	3,271	3,132
收入							
堆肥銷售額	2,400	2,653	3,240	4,320	4,320	3,816	1,920
盈餘額	-331	+259	-527	+129	+1,077	+545	-1,212
成本(元/公斤)	5.7	6.0	5.2	3.9	3.0	5.1	6.5
售價(元/公斤)	5	6.7	4.5	4	4	6	4

2. 豬糞堆肥

調查已營運之豬糞堆肥處理 4 場，其處理方式有杓子式、堆積送風式及堆積送風併用迴轉式等三種，其處理流程、產量及製造成本，所得結果，報告如下：

● 天車杓子式

A 場：為杓子式翻堆機製造豬糞堆肥，豬糞用貨車運到堆肥中心，經混合稻殼調整水分，由輸送帶送入發酵槽，每天由杓子式翻堆機翻堆一次，約發酵 45 天結束，經篩選、粉碎、裝袋、出售。在嘉義縣農會堆肥中心使用，處理養豬戶 46 戶，養豬數 200,000 頭，每日處理量 25 噸，年堆肥產量 3,000 噸，其處理流程如下：

豬糞 → 水分調整（混合稻穀） → 發酵（45 天） → 篩選、粉碎、裝袋 → 出售

B 場：為杓子式翻堆機製造豬糞堆肥，農戶豬糞用貨車運到堆肥處理場，混合稻殼、木屑調整水分，以鏟裝機送入發酵區，每天由杓子式翻堆機翻堆一次，經 24 天結束，再經二次發酵 30 天共 54

24 天結束，再經二次發酵 30 天共 54 天完成，篩選、粉碎、裝袋、出售。在常豐公司堆肥場使用，可處理養豬數 350,000 頭，每日處理量為 35 噸，年堆肥產量 5,000 噸，其處理流程如下：

豬糞 → 水分調整（混合稻穀） → 發酵（24 天） → 二次發酵（30 天） → 篩選、粉碎、裝袋 → 出售

● 堆積送風式

為送風式併用鏟裝機翻堆，製造豬糞堆肥，農戶豬糞用貨車運到堆肥處理場，以特製混合機混合稻殼及種堆肥調整水分，再以鏟裝機送入送風式發酵區發酵 7 天後，移到二次發酵區發酵 30 天共 37 天完成，經篩選、粉碎、裝袋、出售。在台門公司堆肥場使用，可處理養豬頭數 150,000 頭，每日處理量 26 噸，年堆肥產量 3,600 頭，其處理流程如下：

豬糞 → 水分調整（混合稻殼及種堆肥） → 發酵（37 天） → 篩選、粉碎、裝袋 → 出售

● 堆積送風併用迴轉式

尿貯存池之豬糞泥，添加木屑、豆粕等農產品，以剷裝機調整含水率約 60 % ，並搬進送風式發酵槽 28 天後移出堆積 7 天，再移入寬 6 m 、長 50 m 之迴轉式翻堆舍 7 天，再經二次發酵 14 天，共 56 天結束，經篩選、裝袋、出售。設在屏東昌牧有機肥料場，處理豬 30,000 頭的糞及木屑、豆粕等農產品，每天處理 30 噸，年堆肥產量 6,000 噸，其處理流程如下：

豬糞 → 水分調整（太空包木屑）→ 送風發酵（28 天）→ 堆積發酵（7 天）→ 翻堆機堆堆（7 天）

→ 二次發酵（14 天）→ 篩選、粉碎、裝袋 → 出售 →

以上 4 場豬糞堆肥處理方式，其發酵其間為 45,54,35 及 56 天，年堆肥產量 3,000 、 5,000 、 3,600 及 6,000 噸如表八。每公斤堆肥製造成本 2.7 ～ 4.8 元如表九。

表八、豬糞堆肥處理場之處理機械、發酵期及產能

處理機械型式	發酵期間(天)	處理豬糞量(噸/批)	年堆肥產量(噸)
天車杓子式			
A 場	45	25	3,000
B 場	54	35	5,000
堆積送風式	37	26	3,600
堆積送風式配合迴轉式	56	30	6,000

表九、各式豬糞堆肥處理年堆肥製造成本（千元）

	天車杓子式		送風式	送風式配合迴轉式
	A 場	B 場		
投資金額成本	45,974	19,140	17,630	17,550
分攤固定成本	7,551	2,757	3,208	2,786
營運管理成本	6,854	14,419	7,296	13,200
總成本	14,405	17,176	10,504	15,986
收入				
堆肥銷售額	13,500	16,500	15,840	18,000
盈餘額	-905	-676	+5,341	+2,013
成本(元/公斤)	4.8	3.4	2.9	2.7
售價(元/公斤)	4.5	3.3	4.4	3.0

3. 牛糞堆肥

調查已營運之牛糞堆肥處理 3 場，其處理方式有杓子式、堆積送風式及迴轉式等三種，其處理流程、產量及製造成本，所得結果報告如下：

● 杓子式

為條溝杓子式翻堆機製造牛糞堆肥，牛糞裝在小型運搬車運到堆肥中心，先經太陽乾燥房乾燥，調整水分至含水率約 60 %，以鏟裝機搬進條溝式發酵槽發酵，使用杓子式翻堆機加以翻堆，隔三天翻堆一次，約 35 天結束，篩選、粉碎、裝袋、出售。在雲林縣崙背牛糞堆肥中心，處理酪農戶 17 戶、乳牛 1,500 頭，每日處理量 15 噸，堆肥年產量 1,560 噸，其處理流程如下：

牛糞 → 水分調整（太陽乾燥） → 發酵（35 天） → 篩選、粉碎、裝袋 → 出售

● 堆積送風式

為送風式併用鏟裝機翻堆製造牛糞堆肥，農戶牛糞墊料用運搬車運到堆肥中心，然後添加廢棄太空包木屑、雞糞等原料，用鏟裝機送入送風式發酵槽，每 5 至 7 天翻堆一次，約發酵 60 天結束後再移到二次發酵區發酵 28

天，共 88 天完成，經篩選、粉碎、裝袋、出售。佳里農牧廢棄資源處理中心使用，可處理乳牛 1,600 頭，雞 100,000 隻，每日處理量 40 噸，年堆肥產量 5,040 噸，其處理流程如下：

牛糞 → 水分調整／混合菇類木屑 → 發酵（60 天）→ 二次發酵（28 天）→ 篩選、粉碎、裝袋及出售

● 迴轉攪拌式

為迴轉式翻堆機製造牛糞堆肥，各農戶之牛糞及蔗渣墊料運到處理中心，調整水分後以鏟裝機搬進 6 m 寬， 80 m 長之條溝式發酵槽，使用條板迴轉式翻堆機每天翻堆一次，約 60 天結束，再經二次發酵 30 天共 90 天完成，篩選、裝袋、出售。設在台南縣柳營畜牧廢棄資源處理中心，處理酪農戶 41 戶、乳牛 4,700 頭，每日處理量 66 噸，堆肥年產量 12,000 噸，其處理流程如下：

牛糞野外堆積 → 迴轉式翻堆機發酵（60 天）→ 二次發酵（28 天）→ 篩選、粉碎、裝袋及出售

以上 3 場牛糞堆肥處理方式，其發酵其間為

35、88 及 90 天，年堆肥產量 1,560、5,040 及 12,000 噸如表十。每公斤堆肥製造成本 6.6、3.9、3.5 元如表十一。

表十、牛糞堆肥理場之處理機械、發酵期及產能

處理機械型式	發酵期間 (天)	處理牛糞量 (噸/批)	年堆肥產量 (噸)
杓子式	35	15	1,560
堆積送風式	88	40	5,040
迴轉攪拌式	90	66	12,000

表十一、牛糞堆肥年製造成本分析（千元）

	堆肥場別		
	杓子式	送風式	迴轉式
投資金額成本	28,534	22,546	80,000
分攤固定成本	5,388	3,526	12,532
營運管理成本	4,958	16,257	28,880
總成本	10,346	19,783	41,412
收入			
堆肥銷售額	7,020	24,192	48,000
盈餘額	-3,326	+4,409	+6,588
成本 (元/公斤)	6.6	3.9	3.5
售價 (元/公斤)	4.5	4.8	4.0

由上 14 堆肥場調查得知，一般雞糞堆肥每公斤製造成本 3.0 - 6.5 元，豬糞堆肥 2.7 - 4.8 元，牛糞堆肥 3.5 - 6.6 元之間，而影響製造成本最主要因素為固定成本和年產量。

三、堆肥成分

由豬、牛、雞、羊糞等製作的堆肥，其成分以原料及調整材之種類、添加量等不同有差別如表十二，一般均含有豐富的有機質，氮、磷、鉀、鈣、鎂等肥料成分。有機質含量 50.0 % - 85.2 % ，碳氮比 10 - 23 ，均為良好的有機質肥料。

表十二、堆肥成分

項目	pH	水分	有機質	有機碳	總氮	磷	鉀	鈣	鎂	碳氮比
種類			%							
豬糞渣堆肥(平面舍)	6.9	41.1	85.2	38.2	2.1	1.0	0.4	4.2	0.5	16
豬糞堆肥(加稻殼)	7.9	25.6	77.6	34.9	2.4	5.5	1.7	4.3	2.4	15
豬糞堆肥(稻殼墊料)	8.3	36.8	71.6	32.2	1.4	3.8	3.1	3.3	0.9	23
牛糞堆肥(蔗渣墊料+雞糞+木屑)	7.5	42.0	65.0	29.3	1.9	2.3	1.7	5.5	1.3	15
牛糞堆肥(稻殼墊料)	7.1	36.2	63.2	28.4	2.3	2.9	5	3	2.3	12
純雞糞堆肥	7.7	29.6	50.0	22.5	2.2	9.2	4.6	14.3	1.8	10
肉雞糞堆肥(稻殼墊料)	7.1	22.9	55.2	24.8	2.0	6.3	4.5	8.6	1.6	12
污泥堆肥(加稻殼)	8.1	19.4	53.9	24.3	2.4	6.6	.7	8.9	1.1	10
羊糞堆肥	9.3	57.2	76.1	34.2	2.7	2.1	4.2	5.9	1.2	13

四、簡易腐熟度判定

所謂「腐熟」是禽畜糞及農產副產物等有機資材，供農業利用時，加以堆肥化處理，藉微生物分解作用將易分解性有機質或對生育有害的物質加以分解而穩定化。穩定化堆肥施用後，對土壤及作物具有安全性、不會產生不良的影響外，另亦有增加或維持地力、提高作物生產性等為最終目標。而所謂「腐熟度」是為完成上述目標，實際上有不同程度的腐熟，如未熟、中熟，完熟等不同的腐熟度。腐熟度判定方法甚為複雜，如測定分析 CO_2 產生量， C/N 比例、陽離子交換容量 (CEC) 、硝酸態氮等多種，需有儀器設備、技術人才且判定困難，為此期能以簡易設備、簡單的方法來判定，其方法在本文加以說明，供農民參考。

（一）堆肥溫度變化

堆肥醱酵過程產生熱，因此堆積數天內溫度急速上升，可達 70 ～ 80 ℃ ，雞糞堆肥發酵在第四天 75 ℃ ，豬糞堆肥第五天 77 ℃ ，污泥堆肥第 2 天可達 74 ℃ ，在高溫持續數天後緩慢下降，在此時進行翻堆，供給氧氣，溫度會再度上升，如此上升，下降數次後堆肥溫度已下降至外界氣溫，雖再進行翻堆，溫度已不再上升、可認定為完熟堆肥，大多數的堆肥均可採用這種方法判定腐熟度，但如併用其他的方法更確實可靠。

（二）有機質殘存率判定

堆肥化處理過程，有機質分解而穩定、腐熟，其成分中灰分增加、碳素減少以致碳氮比降低，測

定有機質殘存率有機質因分解而減少，經一段期間呈穩定不變。豬糞、牛糞需 3-4 週，而雞糞則需 2 週，有機質殘存率呈穩定，不再有變化時可判定完熟堆肥。

（三）發芽率試驗

以 5 ％ 濃度萃取液做為發芽率試驗：萃取液是由風乾糞 5 g 盛於三角瓶加 100 c.c. 之水，並置於 80 ℃ 恆溫水箱，振盪 1 小時，冷卻後以紗布及濾紙過濾之；試驗方法是抽取萃液 10 c.c. ，注入培養皿之濾紙上，撒播蘿蔔種子， 50 粒，於 20 ℃ 種子發芽溫箱，經三天觀察發芽率，發芽率 100 ％ 表示堆肥腐熟度最完全，由良好發芽率判定完熟堆肥，此法適用於雞糞、污泥等堆肥腐熟度之判定。

（四）圓形濾紙圖形顯示判定法

濾紙預先以 0.5 ％ 硝酸銀 溶液浸泡，烘乾待用；測試堆肥材料 1 g，加入 100 c.c. 0.1 N 苛性鈉溶液，取上澄液吸入濾紙，呈顯齒狀突起圖形，明顯者為已腐熟堆肥。未顯示齒列狀突起而呈圓滑者為未腐熟堆肥，完熟堆肥呈顯齒狀圖形。適用於雞糞、豬糞、污泥等堆肥。

（五）綜合性狀判定

為綜合多種項目的性狀及內容判定法，其項目包括：

●發酵日數： 60 ～ 90 天。

- 堆肥顏色：呈黑褐色。
- 材質形態：輪廓崩毀，均勻細小。
- 臭氣：沒有糞尿臭，有堆肥發酵味。
- 含水率：呈乾燥狀態，手壓不成塊。
- 發酵溫度：發酵高溫達 70 ℃以上。
- 翻堆次數：翻堆 6 ～ 7 次以上。

本方法適用於雞糞、豬糞、牛糞、污泥等堆肥腐熟度之判定，如果堆肥符合上列標準者為最完全腐熟，反之則不完全腐熟。

五、堆肥場脫臭技術

政府為防止環境污染及安全使用畜禽堆肥，正大力推廣畜糞堆肥場之設立，鼓勵禽畜糞製作有機質肥料回歸農地。但堆肥化過程將產生多種成份之臭氣如氨氣 (NH_3) 、三甲胺 ($(CH_3)_3N$) 、甲硫醇 (CH_3SH) 及硫化氫 (H_2S) 等。這些臭氣對人畜直接有害，其特性及對人類生理上的影響如表十三，濃度高時引起呼吸障礙、窒息等中毒現象。因此政府訂定有臭氣污染防制法及勞工安全衛生法規定，空氣污染排放標準及勞工作業環境空氣中有害物質容許濃度標準，以保護生命之安全。然而脫臭的方法很多種，台灣目前已由本所開發並推廣的木屑脫臭法，具有施工方便、材料取得及操作容易，脫臭效果良好且資源再利用等優點，今就其方法加以說明，俾供業者參考：

表十三、禽畜糞產生臭氣之性質及人類生理上影響

臭氣成分	臭味	臭氣濃度(ppm)	對人的影響	特性
氨氣	刺鼻(阿摩尼亞)	5	可判斷之最低臭氣濃度	刺激性
		6-20	引起刺眼、呼吸障礙	
		40	頭痛、嘔吐、食慾減退	
		400	鼻、喉刺激	
		3,000	窒息	
硫化氫	蛋腐敗臭味	10	刺眼、刺鼻	中毒性
		50-100	嘔吐、刺眼、刺鼻	
		200	頭痛、眼花、肺炎	
		500	嘔吐、神志不清	

（一）脫臭原理

木屑脫臭的原理為臭氣抽送通過木屑層，臭氣成份如氨氣等由木屑的吸附作用及水分中溶解等而去除臭味，每公斤木屑乾物質吸附氨氣量，濕材比乾材高 54%，如表十四，因此脫臭槽內木屑材料必需洒水，保持適當含水率，以提高脫臭效率並延長使用期限，吸臭量達到飽和時需換新材料。

表十四、不同材料對氨氣之吸附量

供試材料	含水率 (%)	總體密度 (kg/m^3)	NH_3 吸附量 g/kg.DM	相對乾濕吸附量指數
木屑(乾)	10.0	200	3.0	100
木屑(濕)	64.0	400	5.5	154
稻殼(乾)	17.6	110	3.2	100
稻穀(濕)	60.1	250	6.0	153

（二）脫臭設備

1. 臭氣發生源的封閉室

在醱酵槽之四周圍以塑膠布、鋼板等封閉，在一端設置抽氣用鼓風機，抽取臭氣送到脫臭槽脫臭。但大型堆肥處理場則需在場內發酵槽加設塑膠房封閉，並在中央上方設置一換氣口，強制換氣脫臭。

2. 抽氣鼓風機

遠心型 (turbo fan) 抽氣鼓風機之規格，靜壓為 320 mm Hg ，各種脫臭材料靜壓推薦數值如表十五，每分鐘之抽氣量 $1m^3$ 為基準，須配合脫臭槽面積 $1.7m^2$ 之設計，即 $10m^3$ 風量需配有 $17\ m^2$ 脫臭槽面積。

表十五、各種材料靜壓之推薦數值

方法	堆積高度 (m)	靜壓 (mm·Hg)	報告者
堆肥脫臭槽	1.0	210	早川岩夫
土壤脫臭槽	0.5	110	福森　功
岩棉脫臭槽	2.5	300	吉山隆司
木屑脫臭槽	1.0	200	石川幸市

3. 木屑脫臭槽

脫臭槽之建造包括槽壁、臭氣抽送管道、卵

石、尼龍網、木屑等，底層舖以卵石架空並裝設臭氣抽送用管道，卵石上層舖尼龍網，上面填充木屑，脫臭槽內填充木屑之高度為 1 m ，木屑應選鋸木廠之細木屑為宜，含水率 35 ～ 50 % ，含水率太低時脫臭效果不良，應洒水調高含水率。

（三）脫臭效率

堆肥場產生之氨氣，在經過木屑層之速度每秒 10 mm ，臭氣與木屑接觸時間 100 秒條件下，脫臭後氨氣僅 1 ppm ，脫臭效率達 92 ～ 100 % ，效果良好，如表十六。但木屑吸附之臭氣達到飽和狀態時去除臭氣之效率消失，必須更換新的木屑；木屑可使用之日數，以脫臭槽之木屑表面有臭氣逸出時換新。

表十六、木屑脫臭槽之脫臭效率

	脫臭前		脫臭後		脫臭效率	
	NH_3	H_2S	NH_3	H_2S	NH_3	H_2S
	------------	ppm	-----------		-------- %	-------
豬糞	12 - 45	ND	1	ND	92 - 98	ND
雞糞	20 - 340	ND	0	ND	100	ND

ND : H_2S 以 0.1 ppm 檢知管測不出反應

六、結語及建議

（一）禽畜糞堆肥之製造需取得品質好的原料並控制碳氮

44比 20 比 1 ，含水率 60 – 65 % ，充足的氧氣及機械翻堆，另外發酵期 30 – 90 天，若混合木屑、甘蔗渣等較難分解原料則應延長發酵期，如此始可製造良質堆肥。

(二)堆肥處理方式，由於勞動力缺乏已驅向機械化操作，經調查14場之處理流程各場都很類似，即先行水分調整、主發酵、二次(後熟)發酵、裝袋、出售。堆肥年產量每場 396 ～ 12,000 噸，產量高，其設備國內已有多種產品出售，對機型之選購仍需以生產優良品質堆肥、故障率低、造價低，並配合處理量、場地等因素，考量選購最適合之機型，如迴轉式或杓子式。

(三) 堆肥製造成本每公斤 3.5 ～ 6.6 元，其收益每年尚有虧損者佔 43 % ，其相關因素如固定設備之投資額、生產量等影響很大，為維持營運正常，業者仍待政府在銷售層面多加協助，增加收益，始可維持正常經營。

(四)簡易腐熟度判定包括堆肥溫度變化、有機質殘存率、發芽率試驗、圓形濾紙顯示法、綜合性狀判定...等，可供禽畜糞堆肥腐熟之判定，不需昂貴的儀器設備及技術人才，在農家堆肥場就可辦理。

(五)堆肥化過程必會產生臭味，目前推廣之木屑脫臭法，效果良好，但仍有少數堆肥場未設置，應加於獎勵補助設置脫臭設備。